

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-016179

(43)Date of publication of application : 18.01.2002

(51)Int.Cl.

H01L 23/12
H01L 21/60

(21)Application number : 2000-333526

(22)Date of filing : 27.10.2000

(71)Applicant : HITACHI LTD

(72)Inventor : YAMAGUCHI YOSHIHIDE

TENMYO HIROYUKI

INOUE KOSUKE

DAIROKU NORIYUKI

HOZOJI HIROYUKI

MINAGAWA MADOKA

TSUNODA SHIGEHARU

ISADA NAOYA

ANJO ICHIRO

NISHIMURA ASAO

UJIE KENJI

YAJIMA AKIRA

(30)Priority

Priority number : 11307986

Priority date : 29.10.1999

Priority country : JP

2000134213

28.04.2000

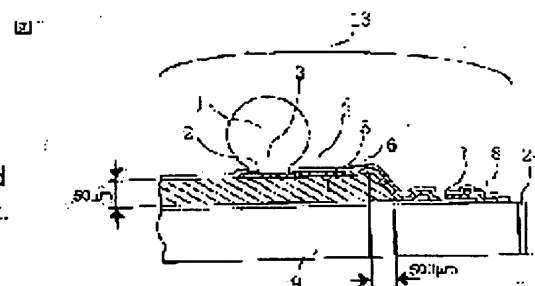
JP

(54) SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor device for enabling flip chip connection without the need of an underfill.

SOLUTION: This semiconductor device is provided with a semiconductor element, an insulation layer formed on the semiconductor element and an external connection terminal formed on the insulation layer and electrically connected to an electrode provided on the semiconductor element. In an area from the edge of the insulation layer to a flat part where the thickness of the insulation layer is almost the same, the kind of the wiring pattern of wiring for a power source or the wiring for grounding and the kind of the wiring pattern for the wiring for signals are different.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.04.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application]

converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3399455

[Date of registration]

21.02.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	P I	特許請求の範囲
H 01 L 23/12	5 0 1	H 01 L 23/12	5 0 1 P
		21/52	6 0 2 L
	21/60		6 0 3 F
			6 0 4 S
		23/12	E

(21) 出願番号	特開2000-333526(P2000-333526)	(71) 出願人	000005108
(22) 出願日	平成12年10月27日(2000.10.27)	株式会社日立製作所	
(31) 優先権主張番号	特開平11-307086	東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地	
(32) 優先日	平成11年10月29日(1999.10.29)	山口 成秀	
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株	
(31) 優先権主張番号	特開2000-134213(P2000-134213)	式会社日立製作所生産技術研究所内	
(32) 優先日	平成12年4月28日(2000.4.28)	天明 裕之	
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株	
		式会社日立製作所生産技術研究所内	
		(74) 代理人	100075096
		弁理士 作田 康夫	

(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明の目的は、アンダーフィルの不要なフリップチップ接合を可能とする半導体装置を実現することにある。

【解決手段】 本発明は、上記目的を達成するために、半導体素子と、該半導体素子の上に形成された絶縁層と、該絶縁層の上に形成され該半導体素子の有する電極と電気的に接続した外部接続端子とを有する半導体装置であって、前記絶縁層のエッジから前記絶縁層の厚さほぼ同じである平坦部に至るまでの領域において電極用配線もしくはグラウンド用配線の配線パターンを有する半導体装置の配線パターンを有するものである。

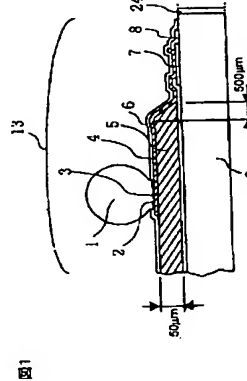


図1

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、フリップチップ接合を目的とする半導体装置の構造および製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体装置の多くは積層構造となっており、各層の間には絶縁層が配置されている場合が多い。絶縁層には開口部が設けられ、その開口部を通して、下の層の端子と上層の端子とを接続する配線が形成されている。

【0003】 絶縁層形成方法としては以下の方法が採用されている。つまり、感光性絶縁材料を半導体装置上にスピンコート法により塗布し、露光および現像を実施することによって絶縁層の開口部を形成する。また、下の層の端子と上層の端子とを接続する金属配線は、第二の感光性材料を絶縁層上に塗布し、これに対して露光および現像を行うことでマスクを形成し、これとメッキ、スパッタ、CVD、蒸着等のプロセスを併用することで絶縁層の下層の端子と上層とをつなぐ金属配線を形成する。マスクとして使用した感光性絶縁材料は不要となった後、これを除去する。

【0004】 以上の工程により、絶縁層の下層にある端子と上層とを接続する配線が形成可能となる。このような工程により形成された半導体装置の部分断面図を図3に示す。同図においては、アルミパッド7が絶縁層1の下層の端子となっており、パンパッド3が絶縁層1上の端子となっている。そして半導体形成されたウェーハに形成されたアルミパッド7上に開口部を有する絶縁層12が形成されている。また、その開口部のアルミパッド7から、絶縁層12の上層のパンパッド3まで、金属配線11が形成されている。パンパッド3にはパンパッド10が形成されている。なお、このようにアルミパッド7からパンパッド3までの配線を形成することは再配線と呼ばれている。また、この際の絶縁層13とは再配線と称されている。また、この際の絶縁層13の厚さは金属配線11の厚さとはほぼ同等となっている。

【0005】 このような工程を経て製造された半導体装置をプリント配線板のような基板上に実装し、接続する形態のひとつにフリップチップ接合がある。図3はフリップチップ接合した半導体装置の断面図である。半導体装置13と基板14との接続は、半導体装置13の端子上に設けられたパンパッド10が基板上で溶融後に再度固体化することによって実現されている。半導体装置13と基板14との間隙は高剛性の樹脂で充填されている。なお、この樹脂は、アンダーフィル15と呼ばれ、接続部を補強する効果がある。アンダーフィル15を形成したフリップチップ接合の例として特開平11-1111768号公報がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら上記従来の

50

り、また、更に無機材料の上に有機材料を用いて重ねて形成する場合もある。本実施例に依いては、半導体工程におけるいわゆる前工程で形成された無機材料からなる絶縁膜、例えばCVD法等で形成した酸化珪素、テトラエトキシラン等によって形成された二酸化珪素、あるいはそれらの複合膜からなる絶縁膜の上に、有機材料である感光性ポリイミドを塗布し、これを感光、現像、硬化することによって厚さ6マイクログラム程度の保護膜8を形成している。これにより、半導体工程で形成されたウェーハ9上に保護膜8が形成される。本実施例では保護膜8の膜厚を6マイクログラムとしたが、所要膜厚は当該半導体素子の種類によって異なっても勿論かまわないが、図33～図35に示されているように該有機膜は無機膜のほぼ全面を覆うように形成されていても勿論かまわないが、図33～図35に示されるようにアルミパッド7の近傍となる領域5に形成されていてもかまわない。無機材料のみからなる保護膜8の場合、膜厚の範囲は3マイクログラム以下となる。また、本願実施例で使用した感光性ポリイミド以外にも、ポリベンズオキサゾール、ポリベンゾノクロテン、ポリキノリン、ポリフォスファゼンなども使用できる。

【0025】第三工程：ペースト状ポリイミド材料を芯力線と層5の形成予定箇所印刷塗布し、その後これを加熱することによって硬化させる。これにより保護膜8上に芯力線と層5が形成される。

【0026】第四工程：電気が通じに用いるための給電線16をスパッタ等の方法で形成した後、配線の逆パターン17をフォトリソグラフィを用いて形成する。

【0027】第五工程：この給電線16および配線の逆パターン17を利用して電気めっきを行い、再配線用配線4およびパンプパッド3の形成を行う。また、必要に応じて電気めっきを繰り返すことで再配線用配線4を多層構造とする。

【0028】第六工程：フォトリソグラフィからなる配線の逆パターン17および電気めっきの給電線16をエッチング処理により除去する。

【0029】第七工程：ソルダーレジストを用いて表面保護膜6を形成する。そして、このパターンを利用してパンプパッド3の最表面に無電解めっき2を行う。【0030】第八工程：パンプパッド3上にフラックスと共にはんだボールを接合し、加熱することによってパンプパッド3にはんだボールを接合し、パンプ1を形成する。

【0031】第九工程：半導体が形成されたウェーハ9をウェーハダイシング技術により半導体装置13に切断する。

【0032】以下では、上記の第三工程から第八工程までについて詳細に説明する。

【0033】まず、第三工程について説明する。印刷に使用するマスクは、プリント配線板に対するはんだペー

スト印刷などで使用する印刷用マスクと同じ構造のものが使用可能である。例えば、図6に示すように、ニッケル合金製のステンシル25を、樹脂シート26を介して枠27に貼り付けた形態のマスクを使うことが出来る。印刷用マスクのパターン開口部28は、50マイクログラム程度の厚さにペーストが塗られ、その厚さを、それをめ、それを見え、小さめに製作するようにしてもよい。図7に示すように、ペースト印刷は、印刷用マスクと半導体が形成されたウェーハ9のパターンとを位置合わせした状態で密着させ、その状態でスキージがステッパ25上を移動することで、パターン開口部28を充填し、その後、印刷用マスクを半導体が形成されたウェーハ9に対して相対的に上昇させることで、印刷をする。このとき、ウェーハと印刷用マスクの密着は、両者の間に隙間を全くなきことを必ずしも意味しない。ウェーハ9上には既に保護膜8が部分的に形成されているため、この上には印刷用マスクを密着させることは実用上困難なためである。本実施例では、ウェーハと印刷用マスクとの間の隙間が0～100マイクログラムとなるような印刷条件で印刷した。このほかにも、第一スキージで印刷用マスクのスキージ面全体をペーストでコーティングし、その後、第二スキージで印刷用マスクのパターン開口部28を充填し、かつ余分なペーストを除去する。その後、印刷用マスクを半導体が形成されたウェーハ9に対して相対的に上昇させる印刷方法もある。図8に示すように、印刷用マスクをウェーハ9に対して相対的に上昇させ、垂直に動かしながら上昇させてもよい。傾斜角を持つように動かしてもかまわないが、相対的に傾斜角を持たせることによって、印刷マスクがウェーハから離れる場合の隙間角がウェーハ面内で均一になりやすい。また、印刷マスクはウェーハの一方の端から他方の端へ向かって離れていくことになり、脱着が不安定になりやすい。版離れの最後の瞬間は半導体装置のない領域で行われることになって歩留り向上の点でも有利となる。さらに、同一の印刷機を用いて複数枚ウェーハに連続的に印刷を行なう場合には、適宜のタイミングでマスク版の裏側を拭きとる工程を導入すると良い。例えば、本実施例では10枚連続印刷すると1回マスク版の裏側の清掃を行ない、しかる後に11枚目の印刷を行なった。ペースト材料の清浄のタイミング、回数、その方法はペースト材料の粘度や固形分濃度、フィラメントなどによって適宜調節が必要となる。

【0034】引き続きペーストが印刷塗布された半導体装置が形成されたウェーハ9をホットプレートや加熱炉を用いて段階的に加熱することによってペーストが硬化し、配線と層5の形成が完了する。

【0035】ここで使用している配線と層5の形成用の材料は、ペースト状のポリイミドであり、保護膜8の上に印刷塗布された後に加熱することによって硬化することが

出来る。また、このペースト状のポリイミドは、ポリイミドの前駆体と溶媒およびその中に分散した多数のポリイミドの微小粒子からなる。微小粒子としては、具体的に平均粒径1乃至2マイクログラムであり、最大粒径が約10マイクログラムとなる粒度分布を有する微小粒子を使用した。本実施例に用いられているポリイミドの前駆体は、硬化するとポリイミドの微小粒子と同一材料となるので、ペースト状のポリイミドが硬化した際には、一種類の材料からなる均一な配線と層5が形成されることとなる。本実施例では、配線と層5が材料としてポリイミドを用いたが、本実施例ではポリイミド以外にアミド樹脂、エポキシ樹脂、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、アクリル樹脂、ポリアクリル樹脂、これらを変性した樹脂などを用いることも可能である。ポリイミド以外の樹脂を使用する場合にも、上記ポリイミド微小粒子表面に溶解性を付与する処理を施すか、あるいは、上記ポリイミド微小粒子との親和性を向上するように樹脂組成に変成を施すことが望ましい。上記列挙した樹脂のうち、アミド樹脂を有する樹脂、例えばポリイミド、アミド樹脂、エポキシ樹脂、エポキシ樹脂等では、イミド結合による強固な骨格のおかげで熱機械的特性、例えば高温での強度などに優れ、その結果として、配線のためのめっき絶縁層形成方法の選択が広がる。例えば、スパッタなどの高温処理を伴うめっき給電線形成方法を選択できる。シリコン樹脂やアクリル樹脂、ポリアクリル樹脂、アミド樹脂、エポキシ樹脂、エポキシ樹脂などの点で有利な場合は若干であるものの加工性や樹脂価格などの面で有利な場合がある。例えば、ポリエポキシ樹脂は、一般にポリイミドよりも硬化温度が低いため扱いやすい。本実施例では、これらの樹脂の中から素子特性、価格、熱機械特性などを総合的に勘案してこれらの樹脂を適宜使い分ける。

【0036】ペースト状のポリイミド中にポリイミド微小粒子を分散させることで材料の粘弾性を調整することが可能となるため、印刷性に優れたペーストを使用することが出来る。微小粒子の配合を調整することで、ペーストのチキントロビ特性を制御することが可能となるため、粘度の調整と組み合わせることで、印刷特性を改善することが出来る。また、配線と層5の傾斜角度を調節することもできる。本願実施例で付着したペーストのチキントロビ特性は、回転粘度計を用いて測定した回転数1rpmでの粘度と回転数10rpmでの粘度の比から求めた、いわゆるチキントロビインデックスが2.0から3.0の範囲にあることが望ましい。なお、チキントロビインデックスに温度依存性が現れるペーストの場合、チキントロビインデックスが2.0から3.0の範囲になるような温度領域で印刷すると高品質が得られる。

【0037】ペースト状のポリイミド中にポリイミド微小粒子を分散させることで材料の粘弾性を調整することが可能となるため、印刷性に優れたペーストを使用することが出来る。微小粒子の配合を調整することで、ペーストのチキントロビ特性を制御することが可能となるため、粘度の調整と組み合わせることで、印刷特性を改善することが出来る。また、配線と層5の傾斜角度を調節することもできる。本願実施例で付着したペーストのチキントロビ特性は、回転粘度計を用いて測定した回転数1rpmでの粘度と回転数10rpmでの粘度の比から求めた、いわゆるチキントロビインデックスが2.0から3.0の範囲にあることが望ましい。なお、チキントロビインデックスに温度依存性が現れるペーストの場合、チキントロビインデックスが2.0から3.0の範囲になるような温度領域で印刷すると高品質が得られる。

【0038】ペースト状のポリイミド中にポリイミド微小粒子を分散させることで材料の粘弾性を調整することが可能となるため、印刷性に優れたペーストを使用することが出来る。微小粒子の配合を調整することで、ペーストのチキントロビ特性を制御することが可能となるため、粘度の調整と組み合わせることで、印刷特性を改善することが出来る。また、配線と層5の傾斜角度を調節することもできる。本願実施例で付着したペーストのチキントロビ特性は、回転粘度計を用いて測定した回転数1rpmでの粘度と回転数10rpmでの粘度の比から求めた、いわゆるチキントロビインデックスが2.0から3.0の範囲にあることが望ましい。なお、チキントロビインデックスに温度依存性が現れるペーストの場合、チキントロビインデックスが2.0から3.0の範囲になるような温度領域で印刷すると高品質が得られる。

【0039】ペースト状のポリイミド中にポリイミド微小粒子を分散させることで材料の粘弾性を調整することが可能となるため、印刷性に優れたペーストを使用することが出来る。微小粒子の配合を調整することで、ペーストのチキントロビ特性を制御することが可能となるため、粘度の調整と組み合わせることで、印刷特性を改善することが出来る。また、配線と層5の傾斜角度を調節することもできる。本願実施例で付着したペーストのチキントロビ特性は、回転粘度計を用いて測定した回転数1rpmでの粘度と回転数10rpmでの粘度の比から求めた、いわゆるチキントロビインデックスが2.0から3.0の範囲にあることが望ましい。なお、チキントロビインデックスに温度依存性が現れるペーストの場合、チキントロビインデックスが2.0から3.0の範囲になるような温度領域で印刷すると高品質が得られる。

【0040】ペースト状のポリイミド中にポリイミド微小粒子を分散させることで材料の粘弾性を調整することが可能となるため、印刷性に優れたペーストを使用することが出来る。微小粒子の配合を調整することで、ペーストのチキントロビ特性を制御することが可能となるため、粘度の調整と組み合わせることで、印刷特性を改善することが出来る。また、配線と層5の傾斜角度を調節することもできる。本願実施例で付着したペーストのチキントロビ特性は、回転粘度計を用いて測定した回転数1rpmでの粘度と回転数10rpmでの粘度の比から求めた、いわゆるチキントロビインデックスが2.0から3.0の範囲にあることが望ましい。なお、チキントロビインデックスに温度依存性が現れるペーストの場合、チキントロビインデックスが2.0から3.0の範囲になるような温度領域で印刷すると高品質が得られる。

【0041】ペースト状のポリイミド中にポリイミド微小粒子を分散させることで材料の粘弾性を調整することが可能となるため、印刷性に優れたペーストを使用することが出来る。微小粒子の配合を調整することで、ペーストのチキントロビ特性を制御することが可能となるため、粘度の調整と組み合わせることで、印刷特性を改善することが出来る。また、配線と層5の傾斜角度を調節することもできる。本願実施例で付着したペーストのチキントロビ特性は、回転粘度計を用いて測定した回転数1rpmでの粘度と回転数10rpmでの粘度の比から求めた、いわゆるチキントロビインデックスが2.0から3.0の範囲にあることが望ましい。なお、チキントロビインデックスに温度依存性が現れるペーストの場合、チキントロビインデックスが2.0から3.0の範囲になるような温度領域で印刷すると高品質が得られる。

【0042】ペースト状のポリイミド中にポリイミド微小粒子を分散させることで材料の粘弾性を調整することが可能となるため、印刷性に優れたペーストを使用することが出来る。微小粒子の配合を調整することで、ペーストのチキントロビ特性を制御することが可能となるため、粘度の調整と組み合わせることで、印刷特性を改善することが出来る。また、配線と層5の傾斜角度を調節することもできる。本願実施例で付着したペーストのチキントロビ特性は、回転粘度計を用いて測定した回転数1rpmでの粘度と回転数10rpmでの粘度の比から求めた、いわゆるチキントロビインデックスが2.0から3.0の範囲にあることが望ましい。なお、チキントロビインデックスに温度依存性が現れるペーストの場合、チキントロビインデックスが2.0から3.0の範囲になるような温度領域で印刷すると高品質が得られる。

【0043】ペースト状のポリイミド中にポリイミド微小粒子を分散させることで材料の粘弾性を調整することが可能となるため、印刷性に優れたペーストを使用することが出来る。微小粒子の配合を調整することで、ペーストのチキントロビ特性を制御することが可能となるため、粘度の調整と組み合わせることで、印刷特性を改善することが出来る。また、配線と層5の傾斜角度を調節することもできる。本願実施例で付着したペーストのチキントロビ特性は、回転粘度計を用いて測定した回転数1rpmでの粘度と回転数10rpmでの粘度の比から求めた、いわゆるチキントロビインデックスが2.0から3.0の範囲にあることが望ましい。なお、チキントロビインデックスに温度依存性が現れるペーストの場合、チキントロビインデックスが2.0から3.0の範囲になるような温度領域で印刷すると高品質が得られる。

【0037】印刷したペースト状のポリイミドを加熱硬化した後は、ウェハー9上に図9に示したような断面形状を有する応力緩和層5が形成される。このように印刷により応力緩和層5を形成すると、応力緩和層5のエッジ部より200乃至1000マイクロメートルのところにふくらみ部分が存在する場合があるが、このふくらみ部分の位置および存在の有無については、ペースト状のポリイミドの組成を調整したり、印刷に関わる各種条件を変更することで、ある程度制御可能となる。なお、この場合の印刷に関わる各種条件としては、メタルマスク厚さ、スキージ速度、スキージ材質、スキージ角度、スキージ圧（印圧）、版駆動速度、印刷時のウェハーの温度、印刷環境の湿度等々があげられる。上記ふくらみ部分の高さや形状の制御は上記印刷条件によって達成できるが、その他の制御方法として、保護層8の構造調整による方法もある。例えば、図36に示したように保護層8の有機層の形成領域をパッド7の近傍のみに限定すれば、有機層上部に相当する部分の応力緩和層を盛り上げさせることは容易である。

【0038】また、図1に示すように応力緩和層5にふくらみ部分を積極的に形成した場合は、配線4のたわみ部分を形成することができ、これにより熱膨張率などによる応力を吸収しやすい構造となり、断線をより防止することができ。具体的には、応力緩和層5の平均厚さに対し、最大で約25マイクロメートル、望ましくは7乃至12マイクロメートル程度の高さを持つふくらみ部分が形成されることが好ましい。この程度の頂点であれば、マスク印刷により十分形成可能である。例えばこのふくらみ部を半径が10マイクロメートルの半円筒形状と仮定すると、ふくらみ部の半円の長さは $(2 \times 3.14 \times 3.0 \times 10^{-3} \text{ m}) / 2 = 3.14 \times 10^{-3} \text{ m}$ 、4マイクロメートルとなり、配線の冗長さはふくらみ部1個について $3.14 - 10 = 2.14$ マイクロメートル、応力緩和層の厚面に1つずつ形成した場合には42.8マイクロメートルとなる。このように、配線4に冗長部を設けることができるため、配線構造およびはんだ接合部に作用する熱応力が緩和され、従って、信頼性の高い配線構造を提供できる。なお、このふくらみ部の所要厚さは、応力緩和層5の厚および弾性率、半導体素子13のサイズ、半導体素子の消費電力、半導体素子を搭載する回路基板14の物性値などを勘案した実験およびシミュレーションから求める。例えば、本実施例では半導体素子13の対角長さを1ミリメートルとし、半導体素子13とそれを搭載する回路基板14の線膨張係数の差が15 ppm/°C、半導体素子13の基板搭載プロセス動作中の0W/0Vによって生じる最大温度範囲が摄氏200度とすると、基板実装品が実使用環境での使用で配線部が受ける最大熱変形量は、 $15 \text{ (ppm/°C)} \times 1/2 \text{ (m)} \times 200 \text{ (°C)} = 0.0015 \times 1 \text{ m}$ リメートルとなる。従って、上記ふくらみ部に要求される冗長長さは50

16を半導体ウェハー全面に形成する。ここでは、蒸着や、無電解めっき、CVDなども用いることが可能であるが、保護層8および応力緩和層5との接着強度が強いスパッタを用いることとし、スパッタの前処理として、ボンディングパッド7と再配線用配線4導体との間を導通を確保するためにスパッタエッチングを行った。

本実施例におけるスパッタ膜としては、クロム（75ナノメートル）／銅（0.5マイクロメートル）の多層膜を形成した。このクロムの機能は、その上下に位置する銅と応力緩和層との接着を確保することにあり、その膜厚はそれらの接着を維持する最低限が望ましい。クロム膜厚が厚くなると成膜時間が増大して生産効率が低下するという問題に加えて、保護層8や応力緩和層5を長時間にわたってスパッタチャンバー内に発生している高エネルギー状態のプラズマに曝すことになり、これらの層を形成している材料が変質するという危険性がある。なお、所要膜厚は、スパッタエッチングおよびスパッタの条件、クロムの膜質などによっても変動するが、おおむね最大で0.5マイクロメートルである。なお、本実施例で使用したクロム膜に代えてチタン膜やチタン／白金膜、タンタム膜などでも代替できる。一方、スパッタ膜の膜厚は、後の工程で行う電気めっき及び電気ニッケルめっきを行ったとき、めっき膜の膜厚分布が生じる最小膜厚の膜厚が小さく、めっき前処理として行なう電流などでの感度り量も考慮に入れたうえで膜厚分布を誘発しない膜厚を決定する。スパッタ膜の膜厚を必要以上に厚くした場合、例えば1マイクロメートルを越える膜厚の場合には、スパッタ時間が長くなり生産効率が低下するという問題に加えて、後の工程で実施する給電膜16のエッチング除去の際に長時間エッチングが避けられず、その結果として再配線用配線4のサイドエッチングが大きくなる。単純な計算では、1マイクロメートルの給電膜をエッチングする場合には配線も片面1マイクロメートル、両側で2マイクロメートルのエッチングが起こる。実際の生産では、給電膜のエッチング残りが発生しないようにオーバーエッチングすることが一般的に行われているため、1マイクロメートルの給電膜をエッチングする場合には配線が5マイクロメートル程度サイドエッチングされることになる。サイドエッチングがこのような大きくなると、配線抵抗が大きくなったり、断線を誘発しやすくなったりして、配線性能の観点で問題が発生しやすい。従って、スパッタ膜の膜厚はおおむね最大で1マイクロメートルとする。

【0042】次に、ホトリソグラフィ技術を用いて、再配線用配線4の逆パターン形状17をレジストを用いて形成する。図4中のBで示した応力緩和層5のエッジ部におけるレジストの膜厚は、斜面面から流れ出たレジストにより、他の場所と比べ厚くなる。このため、解像度を確保するためには、ネガ型の方が好ましい。レジストとして、液状レジストを用いた場合、図4中のBで示した応力緩和層5のエッジ部の斜面上面ではレジスト膜厚が薄くなりやすく、斜面下部では逆にレジスト膜厚が厚くなり易い傾向がある。斜面上面と斜面下部で膜厚の異なるレジストを同一露光量、同一現像条件でパターニングするには広い現像裕度が必要となる。一般に、膜厚に対する現像裕度はポジ型感光特性レジストよりもネガ型感光特性レジストが広い。本実施例ではネガ型の液状レジストを用いた。なお、フィルムレジストを使用する場合には、斜面上下での膜厚差は発生しないためネガ型でもポジ型でも使用可能となるが、斜面面はなめらか露光することによって実質光路長が長くなるため、この場合にもネガ型を用いると好成績が得られることが多い。応力緩和層5のエッジ部の傾斜が大きい場合やブリーチング特性の強いフィルムレジストを用いる場合には、ネガ型が特に好ましい。本実施例では、図10に示すように、露光マスク21とレジスト22が密着した状態で約10マイクロメートルであった。我々の実験結果によると、露光マスク21下部の間隙20と解像する配線幅の間隔は、表1に示すようになった。なお、表1中の値は露光機的光学系や現像条件、レジストの感度、レジスト硬化条件、配線幅／配線間隔の比などにより変化する。表1に示している実験結果は、配線幅／配線間隔の比が1.0の場合の値である。

【0043】

【表1】

露光マスク下部の隙間 [μm]	露光マスク下部の隙間 [μm]				
	40	60	80	100	
配線幅 [μm]	15	x	x	x	x
	20	○	x	x	x
	25	○	○	○	x
	30	○	○	○	○
	40	○	○	○	○
50	○	○	○	○	○

○：解像可
x：解像不可

【0044】図11にアルミパッドとの接続部23とパンプパッド3が再配線用配線4で接続されている様子を示す。本実施例で使用した露光装置の場合には、表1の横軸である露光マスクの下部の隙間は応力緩和層の厚さにはば対応しているため、例えば応力緩和層の厚さが60マイクログラムであれば配線の幅は25マイクログラムでも解像可能である。したがって、信号線の配線幅を25マイクログラムとし、電源またはグラウンド線は40マイクログラムとして配線を行うことも可能である。また、信号線の配線を25マイクログラムとして、その信号線の一部を太くすることも可能である。

【0048】応力緩和層5のエッジ部はウェーハと応力緩和層5の物性値の違いにより生じる応力が集中しやすい構造上の特徴があるため、応力緩和層5の傾斜部で配線を太くすることにより断線を効果的に防止することもできる。なお、必ずしもすべての配線に同じ太さにする必要はなく、例えば図16に示すように電源/グラウンド線と信号線で配線の幅を変えるようにしてもよい。この場合、電気的な特性を考慮すると一般には電源/グラウンド線を信号線よりも太くすることが望ましい。信号線を太くした場合、これにより配線の有する容量成分が増加し、高周波動作に影響を及ぼすからである。逆に電源/グラウンド線を太くすると電源電圧が安定するという効果も期待できるのでむしろ好ましい。したがって、図13に示すように信号線については、応力の集中する部分だけを最低限度で太くするようにエッジ周辺を太くしたパターンとし、電源用またはグラウンド用配線については傾斜部を太くすることが望ましい。一方、応力緩和層が形成されていない平坦部については、配線の容量成分の影響を考慮し、信号線を細くしている。ただし、これは半導体素子の種類やその配線パターンによりその程度を考慮する必要がある。例えば、半導体素子やその配線パターンにも依存するが、保護膜8の厚みを増大すると配線の容量低減に大きな効果があるので、応力緩和層が形成されていない平坦部で信号線配線を太くせざるを得ない場合には、保護膜8を厚く形成することが望ましい。具体的には、配線幅を10%増大させる場合には、保護膜8の厚さも約10%程度増大させることが望ましい。一方、応力緩和層の上部平坦部での配線幅は、信号線容量よりもむしろ配線密度によって制限を受ける。すなわち、パンプパッドの間隔に通す配線本数、パンプパッドの間隔、配線形成工程における位置合せ精度、などから応力緩和層の上部平坦部での配線幅の上限値が求められる。

【0045】図12に応力緩和層5の傾斜部付近における再配線用配線4を拡大して示す。上述のように、応力緩和層5のエッジ近傍でレジスト膜厚が不均一となってしまうため、その領域で現像不足が発生しやすい傾向があった。図13に実際に応力緩和層5のエッジ部分で現像不足が起こっている様子を示す。本実施例では、この対策のために現像液の回り込みを改善することによって解決した。より具体的に示すと、配線パターン形状を図14や図15に示したように変更することなどの方策である。

【0046】図14はアルミパッドとの接続部23から、応力緩和層5の頂上付近まで配線幅を太くした場合を、図15は解像性が悪い応力緩和層5のエッジ部分のみの配線幅を太くした場合を示している。なお、これら図14および図15における配線幅は、応力緩和層5の厚さ40および図11に示した解像特性を考慮して決定する。他の解と表1に示した解像特性とを考慮することで現像残りを解消する方法として現像時間を延長することで光が回折するたため、露光マスク21の下に隙間20が存在することに起因して解像性低下やパターン精度低下が起こる場合がある。

【0047】この現象の解決策として、(1)露光機的光学系変更、(2)レジストのブリーチング性改良、(3)レジストのブリーチ条件適正化、(4)多段階露光などがあげられる。露光機的光学系の変更について具

る。具体的に一例を示すと、パンプパッド間隔が0.5ミリメートルで、パッド径300マイクログラム、パンプド間に3本配線をひく場合には、(500-300)/ (3×2-1)=40 という計算となる。この計算結果から、本実施例では平均配線幅/配線間隔=40マイクログラムとした。

【0049】第五工程について説明する。本実施例では、硫酸酸性銅めっき液を用い銅めっきを実施した。電気銅めっきは、界面活性剤による洗浄、水洗、希硫酸による洗浄、水洗を行った後、給電線16を陰極に接続し、リンを含有する銅板を陽極に接続して実施した。

【0050】引き続き、電気ニッケルめっきを行う。なお、電気ニッケルめっき前に、界面活性剤による洗浄、水洗、希硫酸による洗浄、水洗を行うと良好な膜質の電気ニッケルめっき膜が得られやすい傾向がある。電気ニッケルめっきは、給電線16を陰極に接続し、ニッケル板を陽極に接続して行った。本実施例で好適な電気ニッケルめっきは、公知を用いないずれのニッケルめっき浴でも使用可能であり、ワット浴系でもスルファミン浴系でもよいが、本実施例ではワット浴系を用い、めっき膜内部の応力が適正範囲になるように調整しためっき条件下で行なった。スルファミン浴はめっき液成分がワット浴と比べると高価であるうえ若干分解しやすい傾向があるという欠点はありますが、皮膜応力が制御しやすい。一方、ワット浴は一般に皮膜応力が大きくないので、厚膜めっきした場合には自身の持つ皮膜応力(引張り応力)のために配線層にクラックが入る危険性が增大するという点がある。本実施例ではワット浴を用いたが、スルファミン浴を用いる場合でもワット浴を用いる場合でも、添加剤(皮膜応力抑制剤)の種類および濃度、めっき電流密度、めっき温度の適正範囲を求めたためのモデル実験をあらかじめ実施してから行うと良い。本実施例ではこれを適正に制御して膜厚10マイクログラム以下では配線にクラックがはいらない条件をあらかじめ求めたから実施した。なお、めっき膜応力は、析出したニッケルの金属結晶配向性に関わる指標の1つであり、後述するはんだ拡散層の成長を抑制するために、適正に制御する必要がある。膜応力が適正に制御された条件下でめっきすると、めっき皮膜は特定量の微量成分を共析するようになる。例えば、硫酸0.01~0.05%を含有する膜の場合、特定の結晶配向面の含有率が高まる。より具体的に言えば、配向面111、220、200、311の含有率が50%以上となる。電気ニッケルめっきの膜厚は、その後の工程で用いるはんだの樹脂やリフロー条件、及び半導体装置の製品特性(実装形態)により最適値を決定する。具体的には、はんだリフローや実装リフローの際に形成されるはんだとニッケルとの合金の膜厚は、ニッケルめっき膜厚以上になるように決定すれば良い。正合金の膜厚は、はんだ中のスズの濃度が高いほど大きく、リフロー上限温度が高いほど大き

【0051】第六工程では、電気銅めっきおよび電気ニッケルめっきを行ったのちに配線の逆パターンであるレジスト17を除去し、エッチング処理をすることで予め形成した給電線16を除去する。銅のエッチングには、塩化鉄、アルカリ系エッチング液等の種類があるが、本実施例では硫酸/過酸化水素水を主成分とするエッチング液を用いた。10秒以上のエッチング時間がないと制御が困難となるため実用的観点では不利であるが、あまりに長い時間エッチングを行なうと、例えば5分を越えてくるとタタキが長くなるという問題も生じることがある。エッチング液およびエッチング条件は、適宜実験により求めるのがよい。引き続いて実施する給電線16の酸カリウムとメタケイ酸を主成分とするエッチング液をクロム部分のエッチングには、本実施例では過マンガン酸カリウムとメタケイ酸を主成分とするエッチング液を用いた。なお、上記電気ニッケルめっき膜は給電線16のエッチングの際のエッチングレジストとしても機能している。従って、ニッケルと銅、ニッケルとクロムのエッチング選択比を勘案してエッチング液の組成成分、エッチング条件を決定する。例えば、具体的に言えば、銅のエッチングの際に使用する硫酸過酸化水素エッチング液は、硫酸の含有率は最大でも50%以下、望ましくは15%以下とする。これにより、ニッケルに対して10倍程度のエッチング選択比で銅をエッチングできる。

【0052】第七工程では、パンプパッド3および切斷部24およびその周囲のみが開口した表面保護膜6を形成し、引き続き無電解金めっきを実施することでパンプパッド部3に金を成膜した。ここでは表面保護膜6としてソルダーレジストを使用し、これを半導体装置13の

くなる。このように、再配線用配線として銅配線の上にニッケル層を形成すると、半導体装置と回路基板の間に強く熱応力により再配線用配線が変形を受け、その後その応力が解放されたときに、再配線用配線はニッケル層のばね性により変形前の形状に戻ることができる。例えば、半導体装置の動作により引き起こされる熱応力の作用により、応力緩和層及びその上に形成されている再配線用配線4がお互いに密着した形で変形する。このとき再配線用配線の変形には応力緩和層のふくらみ部分に

ある再配線用配線の冗長部分のたわみ部分が用いられる。その後、熱応力等から解放されたたわみ部分が元の形状に戻ったときに、再配線用配線が銅配線のみの場合には銅配線は銅配線自身のばね性により再配線形状に戻りにくい。一方、銅配線の上にニッケル層を形成すると、そのニッケル層のばね性により再配線用配線(銅配線)は元の形状に容易に戻るることができる。なお、銅配線の上で形成されるのはニッケル層に限らず、銅配線の上でニッケル層と同程度のバネ性を有するものであってもよい。また、銅配線の代わりに伸縮性のある配線を形成する場合もニッケル層は必ずしも必要ない。

【0053】第六工程では、電気銅めっきおよび電気ニッケルめっきを行ったのちに配線の逆パターンであるレジスト17を除去し、エッチング処理をすることで予め形成した給電線16を除去する。銅のエッチングには、塩化鉄、アルカリ系エッチング液等の種類があるが、本実施例では硫酸/過酸化水素水を主成分とするエッチング液を用いた。10秒以上のエッチング時間がないと制御が困難となるため実用的観点では不利であるが、あまりに長い時間エッチングを行なうと、例えば5分を越えてくるとタタキが長くなるという問題も生じることがある。エッチング液およびエッチング条件は、適宜実験により求めるのがよい。引き続いて実施する給電線16の酸カリウムとメタケイ酸を主成分とするエッチング液をクロム部分のエッチングには、本実施例では過マンガン酸カリウムとメタケイ酸を主成分とするエッチング液を用いた。なお、上記電気ニッケルめっき膜は給電線16のエッチングの際のエッチングレジストとしても機能している。従って、ニッケルと銅、ニッケルとクロムのエッチング選択比を勘案してエッチング液の組成成分、エッチング条件を決定する。例えば、具体的に言えば、銅のエッチングの際に使用する硫酸過酸化水素エッチング液は、硫酸の含有率は最大でも50%以下、望ましくは15%以下とする。これにより、ニッケルに対して10倍程度のエッチング選択比で銅をエッチングできる。

【0054】第七工程では、パンプパッド3および切斷部24およびその周囲のみが開口した表面保護膜6を形成し、引き続き無電解金めっきを実施することでパンプパッド部3に金を成膜した。ここでは表面保護膜6としてソルダーレジストを使用し、これを半導体装置13の

全面に塗布した後に露光、現像することによってパターンを形成する。なお、ソルダーレジストの他にも感光性ポリイミドや印刷用ポリイミドなどの材料を用いて表面保護膜6を形成することも可能である。以上のような工程を経て、表面保護膜6は、再配線用配線4、応力緩和層5、保護膜8などを完全に覆うこととなる。このため、表面保護膜6は、再配線用配線4、応力緩和層5、保護膜8が刺激性物質により変質、剥離、腐蝕することを抑制できる。

【0053】この第七工程まで、アルミパッド7からパンブパッド3までの再配線用配線4およびパンブパッド3が、半導体が形成されたウェーハ9上に図17および図2に示すごとく形成される。

【0054】第八工程では、はんだボール格納装置とリフロー炉を使用しパンブを形成する。つまり、はんだボール格納装置を利用することで、パンブパッド3上に所定量のフラックスとはんだボールを格納する。この際、はんだボールはフラックスの粘着力によりパンブパッド上に固定される。はんだボールが格納された半導体ウェーハをリフロー炉に投入することで、はんだボールは一旦溶融し、その後再び固体化することで、図1に示したパンブパッド3に接続したパンブ1となる。このほかに印刷塗布し、これをリフローすることによってパンブ1を形成する方法もある。何れの方法においてもはんだ材料は様々なものを選択することが可能となり、現時点においては市場に供給されているはんだ材料の多くが使用できる。

この他、はんだ材料は限定されるものの、めっき技術を用いる、はんだ材料を形成する方法もある。また、金や銅を核として、パンブ1を形成したパンブと導電材料を配合した樹脂を使用して形成したパンブを使用してもよい。

【0055】第一工程から第九工程までの工程を一通りで、図1に示した応力緩和層5を有し、かつソルゲイ工程で再配線用配線4が形成され、しかも再配線用配線4の途中には応力が集中する屈曲部が存在しない半導体装置13が実現できる。また、印刷技術を使用することによって、露光や現像技術を用いることなく厚膜の堆積である応力緩和層5をパターン形成することができ、その応力緩和層5は再配線用配線4を形成するための斜面を有することができ、

【0056】本実施例によれば、アンダーフィルを実施せず半導体装置13をフリップチップ接続した場合でも半導体装置13の接合信頼性が大幅に向上する。このため本実施例によれば多くの電気製品においてアンダーフィルを使用しないフリップチップ接続が可能となり、各種電気製品の価格を低減することが可能となることがわかる。さらに、アンダーフィルを実施しないため、半導体装置13の取り外しが可能となる。つまり、回路基板に接続した半導体装置13が不良品であった場合、半導

体装置13を回路基板上から取り外し回路基板を再生することが可能となり、これによって各種電気製品の価格を低減することが可能となる。

【0057】次に、本実施例に係る応力緩和層5の材料について説明する。本実施例でも好適に使用される応力緩和層5形成用の材料は、ペースト状のポリイミドであるがこれに限らず変成アミドイミド樹脂、エポキシ樹脂、エポキシ樹脂、ポリエーテル樹脂、ポリエーテル樹脂、変成シリコーン樹脂、変成アクリル樹脂などでも構わない。

上記に列挙した樹脂のうち、イミドイミド、エポキシ樹脂、例えはポリイミド等では、イミド結合による強固な骨格のおかげで熱機械的特性、例えば高温での強度などに優れ、その結果として、配線のためのめっき給電形成方法の選択幅が広がる。例えば、スパッタなどの高温処理を伴うめっき給電形成方法を選択できる。シリコーン樹脂やアクリル樹脂、ポリエーテル樹脂、アミドイミド、エポキシイミド、エーテルイミドなどイミド結合以外の結合で結合した部分がある樹脂の場合、熱機械特性は若干劣るものの加工性や樹脂価格などの点で有利な場合がある。例えば、ポリエーテルイミド樹脂では、一般にポリイミドよりも硬化温度が低いため、扱いやすい。

本実施例では、これらの樹脂の中から素子特性、価格、熱機械特性などを総合的に勘案してこれらの樹脂を適宜使い分ける。応力緩和層5形成用の材料は、例えばエポキシ、フェノール、ポリイミド、シリコーン等の樹脂を単独あるいは2種類以上配合し、これに各種界面との接着性を改善するためのカップリング剤や着色剤等を配合して用いることが可能である。

【0058】応力緩和層5の弾性率は、室温において0.1から10.0GPa程度のものが適用可能であるが、一般のポリイミドよりは弾性率が低いものが望ましい。弾性率が0.1GPaを下回って小さすぎると場合には、後述する突起電極の形成や該半導体装置の機械試験を行う際に配線部分に変形し易くなり断線等の問題が懸念される。また、応力緩和層5の弾性率が10.0GPaを超えて大きくなると充分な応力の低減効果が得られず、該半導体装置を基板に搭載した場合の接合信頼性が低下することが懸念される。

【0059】さらに、応力緩和層5用材料の硬化温度は100℃から250℃までのものを用いる事が望ましい。硬化温度がこれより低い場合、半導体製造時の工程内での管理が難しく、硬化温度がこれより高くなると硬化冷却時の熱収縮でウェーハ応力が増大したり、半導体素子の特性が変化する懸念があるからである。硬化後の応力緩和層はスパッタ、めっき、エッチングなどのさまざまな工程にさらされることから、熱的に、耐薬品性、耐溶剤性などの特性も要求される。具体的には、耐熱性としてそのガラス転位温度(Tg)が150℃超400℃以下であることが望ましく、より望ましくはTgが180℃

以上、最も好ましくはTgが200℃以上である。図4-1はガラス転移温度(Tg)と樹脂強度係数の関係を示す実験結果である。これより、ガラス転移温度(Tg)が200℃以上であれば、クラックが発生しないことが分かる。なお、工程での様々な温度処理における変形量を抑える観点から、Tg以下の領域での樹脂強度係数(α)は小さいほど好ましい。具体的には3ppmに近いほどよい。一般に低弾性材料は樹脂強度係数が大きい場合が多いが、本実施例で好適な応力緩和層5材料の樹脂強度係数の範囲は3ppm〜300ppmの範囲であることが望ましい。より好ましくは3ppm〜200ppmの範囲であり、最も望ましい樹脂強度係数は3ppm〜150ppmの範囲である。一方、熱分解温度(Td)は約300℃以上であることが望ましい。TgやTdがこれらの値を下回っていると、プロセス中の熱工程、例えばスパッタやスパッタエッチ工程で樹脂の変形、変質や分解が起こる危険性がある。耐薬品性の観点から言うと、30%硫酸水溶液や10%が酸化トリウム水溶液への24時間以上の浸漬で変色、変形などの樹脂変質が起こらない事が望ましい。耐溶剤性としては、溶解度パラメータ(S-P値)が8〜20(cal/cm³)/2となることが望ましい。

応力緩和層5用がベース樹脂に幾つかの成分を変成してなる材料である場合には、その組成の大部分が上記の溶解度パラメータの範囲にはいることが望ましい。より具体的にいうと、溶解度パラメータ(S-P値)が8未満あるいは20超である成分が50重量%を超えて含有されないことが望ましい。これらの耐薬品性や耐溶剤性が不十分だと適用可能な製造プロセスが限定される場合があり、製造原価低減の観点から好ましくないこともある。現実的には、これらの特性を満足する材料コストとプロセス自由度とを総合的に勘案した上で、応力緩和層5用の材料を決定すると良い。

【0060】続いて、応力緩和層の膜厚とウェーハ応力およびα線の関係について説明する。図18は、応力緩和層の膜厚とウェーハ応力の関係を示したものである。図18に示したように、応力緩和層は直径8インチウェーハに塗布し硬化させた場合、150マイクロナメータより厚膜が厚くなるとウェーハ応力が大きくなり、ウェーハの反りが大きくなったり、ウェーハのクラック、絶縁膜のはがれ等が発生しやすくなる。

【0061】一方、図19には、応力緩和層の厚さと応力緩和層を透過するα線量との関係を示した。α線は、半導体装置に用いられるはんだ中に不純物として含まれるウランやトリウム等の崩壊によって発生し、トランジスタ部の駆動を引き起こす。図19に示したように、応力緩和層の厚さが35マイクロナメータより厚くなるとα線はほとんど透過せず、α線による駆動の問題は生じない。反対に35マイクロナメータより応力緩和層の厚さが薄くなるとα線が透過するため、α線による駆動が起こりやすくなる。図19は、ウェーハの回路形

【0062】これらの関係から、応力緩和層の厚さを35マイクロナメータ以上150マイクロナメータ以下にするにより、半導体素子表面に形成した回路部分までα線が到達するのを防止し、かつ半導体装置とこれを搭載した基板との接合信頼性を確保することができる。

なお、半導体装置の構成によっては、同一素子内にα線の影響を受けやすい部分、例えばトランジスタの駆動動作を受けやすいメモリセル110等と、α線の影響を受けにくい部分がある。そこで、α線に対して特に影響を受けやすい部分に対して、図20、21に示すように応力緩和層の厚さを35マイクロナメータ以上150マイクロナメータ以下にすることにより、半導体素子表面に形成した回路部分までα線が到達するのを防止することができ、なお、α線の影響を受けにくい領域に形成する応力緩和層の厚みは35マイクロナメータを下回るようにしても、α線遮蔽の観点では問題がない。従って、例えば、図21に示すようにα線遮蔽が必要な領域の応力緩和層を厚く形成し、その他の領域では応力緩和層を薄く形成し、応力緩和層全体の平均厚みを35マイクロナメータ以上150マイクロナメータ以下にすることでもできる。このように工夫を施す場合には、各パンプにかかる熱応力ひずみの大きさを勘案した半導体装置の構成とすることが望ましい。一般に半導体装置13の外周へいくほど熱応力ひずみを受けやすくなるため、パンプを大きくするとともに接続角が小さくなるため、パンプそのものの応力緩和機能が増大して、薄くなった応力緩和層5の応力緩和機能を代替している。なお、α線の影響を全く受けない領域を有する半導体装置13の場合には、図21に示すようにα線の影響を受けにくい領域を半導体装置13の中央付近に配置すれば、半導体装置13の中央付近には応力緩和層5を形成しなくても構わない。次に他の実施例として、応力緩和層と組成が異なる

微粒子を包含する応力緩和層の実施例について説明する。

【0063】上述した応力緩和層5に含まれる微粒子は、応力緩和層5と同一材料で、同じ物性を有している。応力緩和層5と微粒子が分散することで印刷に必要な粘弾性特性を有することができ、

【0064】しかし、この構造では、ウェーハと応力緩和層5との境界で物性値が急激に変化するが熱応力等がその境界部分に集中して配線が断線等する可能性がある。図19は、ウェーハの回路形

成面上に形成された応力緩和層5の特性を厚み方向で異ならせ、ウェーハ表面側の応力緩和層の特性がウェーハ特性に近くなるようにした。

【0066】これにより、ウェーハ上面と応力緩和層下の境界部における特性の差を少なくし、これらの上に設けた配線に不連続な力や、応力緩和層の強度不均による引張りや圧縮、曲げの応力が配線部に加わらないようにすることで、配線部の断線防止が可能となる。

【0067】さらに、ウェーハ側の応力緩和層5の特性はウェーハに近く、該半導体装置を搭載する基板側はその特性に近いくように、応力緩和層5上の配線のみならず該半導体装置と前記基板の接合部の接続寿命向上にも有効である。

【0068】ここで、応力緩和層5の厚み方向で漸次変化する特性として、熱膨張係数あるいは弾性率等が考えられる。そして、応力緩和層の特性を変化させる具体的な手段として、図22に示すように、絶縁性の粒子であるシリカ粒子102を配合し、応力緩和層5の厚さ方向にシリカ粒子102の配合量の分布を持たせ熱膨張係数にシリカ粒子102の配合量を徐々に変化する。シリカ粒子102が多く分布している部分では、応力緩和層5の熱膨張係数が小さく弾性率は高く、一方、シリカ粒子102の配合量が少なくなると熱膨張係数は大きくなり弾性率は低くなる。

【0069】本実施例における半導体装置の製造工程も、ウェーハ上の回路形成、応力緩和層形成、シリカ粒子の分布、応力緩和層上の配線形成等をウェーハ状態で行うことにより、全体工程の簡略化、製造時のバリエーション等が少なく配線部の寿命向上が可能である。

【0070】本実施例では、応力緩和層5は弾性率や熱膨張を調整するための絶縁粒子である。シリカ、アルミナ、窒化ホウ素等の無機材料からなる粒子を一種類あるいは二種類以上配合し、また必要に応じてポリイミドやシリコーン等の有機材料からなる粒子を適宜配合してもよい。

【0071】さらに、シリカ粒子や絶縁樹脂層を構成する各境界面との接合性向上のためのアルコキシゲンやチタネート等からなるカップリング剤、樹脂の応力伸びや破断強度を向上させる熱可塑性樹脂等による緩衝層を防止層上に形成した回路部の素外縁等による緩衝層を防止層とするため絶縁樹脂層を着色するための染料や顔料、樹脂層の硬化反応を促進させるための硬化促進剤等を配合することも可能である。

【0072】厚さ方向で特性を変化させた応力緩和層5の形成方法としては、例えば前記記載の材料を配合してなる応力緩和層5をウェーハ上の回路層上に塗布し、この応力緩和層5を加熱硬化する過程で、配合したシリカ等からなる絶縁粒子をウェーハ上に漸次堆積させる方法がある。シリカ粒子の粒子径に分布が有る場合、粒子径の大きい粒子ほど沈降が早く、粒子径の小さい粒

大きな歪みが発生する。この歪みが大きい場合や繰り返して作用する場合、半導体装置13の周辺よりのパンプ1aは破壊しやすい。

【0081】本実施例にあるように半導体装置13の周辺部寄りに応力緩和層5の厚厚を薄くすると、対応した箇所のパンプ1の形状を制御することが可能となり、回路基板14に接続した際にパンプ1は図25に示したような縦長パンプ1aとなる。このような縦長パンプ1aでは、体積自体は他のパンプ1と同一であるため、パンプ1とパンプ2との接触角およびパンプ1と回路基板14上のパッドとの接触角が大きくなる。つまり、図25においては $\alpha1 > \alpha2$ 、 $\beta1 > \beta2$ となる。

【0082】接触角が大きくなることで、パンプとパッドとの接合部に対する応力集中は緩和されることがなる。このように応力緩和層5の厚厚を半導体装置13の周辺部のパンプパッド3形成箇所についてその他の部分より薄くし、パンプ1の形状を縦長とすることで、半導体装置13と回路基板14との接合信頼性を向上させることが出来る。なお、応力緩和層5の断面形状は、パンプ1の厚さが半導体装置13の回路基板14に対する接合時に支障のない範囲内で設計することが可能であり、様々なものが考えられる。

【0083】δの大きさは、(1)最外周に位置する縦長パンプ1aに要求される応力緩和特性、(2)半導体装置13の機能検査時におけるパンプ高さバリエーション値、(3)半導体装置13の回路基板14に対する接続時のパンプ高さバリエーション値、などを考慮して決定する。より具体的に記述すると、上記応力緩和特性は応力緩和層5の弾性率と半導体装置13のサイズから求める。一方、機能検査時や接続時のバリエーションについては、はんだがロールや応力緩和層5の変形も考慮したうえでそれらの許容値を求める。例えば、機能検査はパンプ上面から検査器具を押つけて応力緩和層5を変形させれば、パンプ高さバリエーションが実質的に存在しない状態で機能検査することが可能である。このような操作を行ったとしても、応力緩和層5ははんだパンプ材料と比べて相対的に弾性率が低い。はんだパンプの変形より応力緩和層5の変形が優先して起こり、はんだパンプへ負荷が付けられることも無い。それゆえ、応力緩和特性から要求されるδの値が、機能検査で要求されているパンプ高さバリエーションより大きくなったとしても、応力緩和層5の変形によって対応できる範囲であれば差し支えない。また、応力緩和材料は弾性体であるため、検査終了後には形状が復旧するので基板への接続時にも特段の問題はない。このことを勘案すると、事実上、前記

(1)および(3)からδが決定されることとなる。前述のように応力緩和特性は、応力緩和層5の厚厚が5μm乃至150μm程度に良い結果が得られるため、応力緩和特性からは $\delta = 150 - 35 = 115 \text{ μm}$

クロメートルとなる。また、 $\delta = 115 \text{ μm}$ の値に許容されるという値は、回路基板14への接続の際に許容される上限値とは等しい。よってδの値は115μm程度となる。

【0084】また、本実施例の構造は、半導体装置の微細化が進み、半導体装置の配線の密度、応力緩和層の傾斜部にパンプを形成しなればならぬ場合にも適用できる。なお、上記図24では最外周パンプ1aとその1つ内側のパンプ1bとで高さを差を付けるために力緩和層5の厚みを制御しているが、その他の制御方法として、保護層8の構造調整による方法もある。例えば、図40に示すように最外周パンプ1aの下では保護層8の有機層を形成しないか、あるいはごく薄く形成するにとどめ、パンプ1bより内側では保護層8の有機層を厚めに形成する方法がある。必要に応じ、応力緩和層5の厚みと保護層8の有機層厚みとを適宜調整し制御することにより所望の高さ差δを達成することも何ら問題はない。

【0085】また、半導体装置の最外周に位置するパンプには外力が加わりやすく、はんだに亀裂等ができる場合があるので、最外周に位置するパンプのうちいくつかは緩衝部材として用いてもよい。この場合、緩衝部材として使用するパンプは、アルミパッド7と電気的に接続され、半導体装置が電気的に動作する上で不要なものとすることが望ましい。これにより、半導体装置が電気的に動作する上で必要その他のパンプで断線が発生するまでの期間を延長することが出来る。なお、緩衝部材とするいくつかのパンプについては、パンプ径を大きくすることにより更にパンプ断線までの期間を延長すること出来る。なお、本実施例では好適なパンプ径を大きくするために公知慣用のいずれの方法を用いても良いが、特に好適な方法を1つ例示すると、はんだの体積自体は他のパンプと同一にしたままパンプランド(パッド)を大きくすることである。パッドを大きくすることにより接続径は大きく一方、はんだの体積は他と同一であるためパンプ高さが低くなり、その結果として、回路基板14に接続した際にパンプとパッドとの接触角が大きくなり、応力集中が小さくなる。このようにしてはんだのクラック速度が速くなることにより、パンプ径が増大したことで断線に至るまでのクラック長さの絶対値そのものも大きくなる。このように、パンプは段々の期間延長に大きく貢献する。

【0086】また、半導体装置を接続する回路基板の配線引き出しの設計を容易にするという観点から考えると、半導体装置の中央付近に配線またはグラッド線を描くことが望ましく、その結果として、図26(a)(b)に示すようにアルミパッド7とアルミパッド4の距離が近いパンプパッドを接続する再配線用配線4は信号線として、遠いパンプパッドを接続する配線用配

行われる。

【0093】以上の工程により、応力緩和冠5を切断する工程を含む半導体装置13の製造が可能となる。

【0094】本実施例によれば、半導体装置13の外形寸法が小さい場合でも、問題なく応力緩和冠5を形成する

ことが可能となる。具体的には、隣り合う2つの半導体装置にまたがって応力線と層5を形成する場合には、外形状寸法がほぼ半分に becoming ても、半導体装置5の成膜技術を変えなくても、半導体装置5の形状、外形状寸法および半導体装置13を互いに分離する際の切りしろとなる可能性がある。半導体装置13を互いに分離する際の切りしろとなる可能性がある。

断面部24の幅、形状を調節することで導電体装置の大きさを覚えても同一の印刷マスクを使用することにより、再配線用配線4は実装例に同様に応力緩和部5の傾斜部を経てアルミミッド層3と接続しているため、再配線用配線4に応力集積中部も存在せず、アンダーフィルを必要としないフリップチップ接合が可能となる。

【0095】なお、本実施例にかかる構造は特に半導体装置のセンター部分にパッドがレイアウトされた半導体装置、たとえばDRAMなどに適応可能である。

【0096】また、本実施例中の図では、隣り合う二つの半導体表面13にまたがった応力線65を切断したため、再配線用配線4がアルミパッド7からペンパッド13へ、3に至るためのスロープ部が存在する、少なくとも1つ、2以上、半導体表面13、たとえば限りに隣り合う4つ、5つの半導体表面について連結した応力線65を切断する、そのような構造を採用することも可能である。当然のことながら、隣り合う2列について連結した応力線65を形成して切断するようにしてもよい。この場合、列方向の位置ずれを許容できる製法となるので、より微細加工にともなう位置ずれを考慮できる。

[illegible]

線4が断線するなどの不具合が生じる。このため、芯力
線巻5の形成に使用する印刷用メタルマスクのパター
ン開口部18の隅部は丸めておくことが望ましい。
[0098] なお、各実施例における芯力線巻5は印刷
用メタルマスクやディスプレイサを用いて印刷塗布し形
成することができる。

【0099】また、印刷方法のみならず、スタンピング、空気あるいは不活性のガスを用いた吹き付けやインクジェット法、炭酸化あるいは半炭化状態の樹脂シートを膜を取り付ける等の方法により、またはこれらの方法を適宜組み合わせることににより形成可能である。応力緩和層を印刷方法で形成する場合、印刷部端部の傾きは従来技術

料を印刷し印刷マスクを除去した際、あるいは加熱硬化過程において端部で絶縁層の流動が起こり端部の傾斜部が形成される。この方法ではウエハ単位で応力緩和層および特定傾きを有する端部を一括で作成することが可能

[0100] 次に、半導体装置の他の実施例を示す。図29は半導体装置の突起電極を交換するための基板に搭載した状態を示す断面概略図、図30はさらに半導体装置の状態を示す断面概略図、図31はさらに半導体装置の状態を示す断面概略図である。

【0101】半導体装置13に形成した突起状電極1を基板上の対応する電極20上にはんだペーストあるいはフラックス等を介して接合し、リフロー炉等により前記突起状電極1と基板6との間隙を排除させ、半導体装置13の裏面において突起状電極1と基板6とを密着させる接合を行う。半導体装置を搭載する基板は、半導体素子搭載領域の裏面に各電子機器に用いられる基板に搭載するための電極20および必要に応じて突起状電極1を有する。

【0102】半導体装置13を各種電子機器に用いられる基板に搭載する際、基板115上に設けた突起状電極121を加熱溶融させる必要がある。これらの実装工程および各種試験における信頼性、特に落下衝撃試験に対する信頼性成長をさらに向上させるため、半導体装置13と基板115の間を樹脂118で補強したものであ

【0103】半導体装置113と基板115間を充填する樹脂118は、一般の半導体封止用に使われる状態のシリコン樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、樹脂等が使用可能であり、封止樹脂の熱膨張係数や導電率等を調整するたシリカ、アルミナ、窒化水素や導電性粒子を調整するたシリコーンや熱可塑性樹脂等と配合し、必要に応じてシリコーンや熱可塑性樹脂等と混合し、無機材料からなる粒子を一種類あるいは二種類以上

樹脂、アルコキシシランやチタネート等からなるカップリング剤、着色剤、難燃性を付与させるための難燃剤や難燃助剤、樹脂の硬化反応を促進させるための硬化促進剤等を配合することが可能である。

【0104】本実施例では、半導体装置上の突起状電極のピッチと各種電子機器に用いられている基板の電極のピッチが異なる場合であっても、所定の基板を介することにより各種電子機器に接続する事が可能となる。

【0105】なお、半導体装置となる基板への実装と同様に、一般電子機器に用いられる回路基板に実装する場合も同様とする。

【0106】なお、これまで説明した実施例においては、必要に応じて例えば半導体装置の絶縁層に低弾性の材料を使用し、かつ厚さ35ミクロン以上の絶縁層を形成することで、接線部の破壊を防止することができる。

【0107】また、約35マイクログラムメートル以上といった厚膜の絶縁層を採用する場合、従来の絶縁形成方法が適用しづらい。絶縁層を厚膜形成する場合、ステンコ法では気泡形成の材料は高粘度であるため、ステンコ法としての機能を用いた絶縁層となっており、絶縁層としての機能を果たさなくなってしまう。これとは別に新規の厚膜形成方法は開示されているが、35マイクログラムメートルの厚度では光透過性が低下するため、露光現象では絶縁層の開口部等を透過率にパターン形成することができない。

【0108】そこで前述のように微小粒子を含有した絶縁材料をマスク印刷することで、厚膜絶縁層の形成を行好ましい。これにより、絶縁層への配線は従来工法によい、絶縁層開口部の形状をならかな斜面とすることが行形成可能となり、かつ応力が集中する様な金属配線の屈曲部も存在しないため、配線の断壊も生じにくくなる。

[0109]

【発明の効果】本発明によれば、アンダーフィルの不要なフリップチップ接続を可能とする半導体装置を実現し、その配線の断線を抑制することが可能となる。

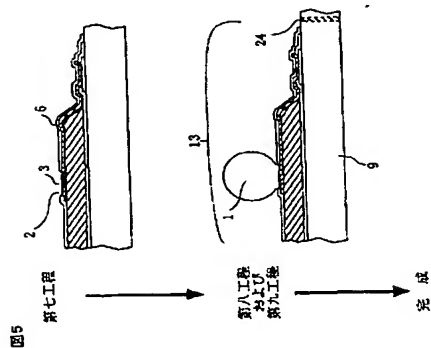
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明の半導体装置の一実施例の構造を示す断面図

【図2】本実施例の半導体装置が連続的に形成されている

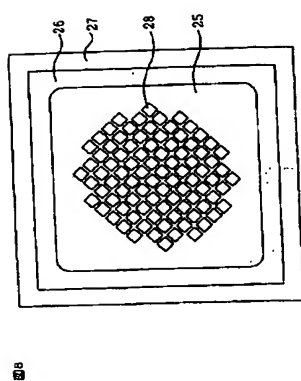
50

【図2】本実施例の半導体装置が連続的に形成されている

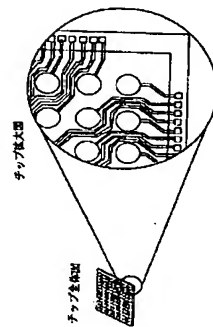
【図5】



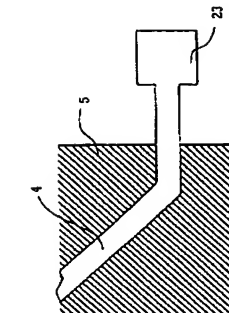
【図6】



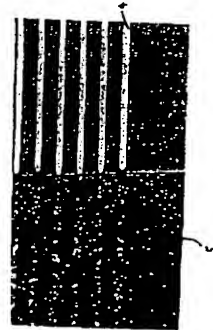
【図11】



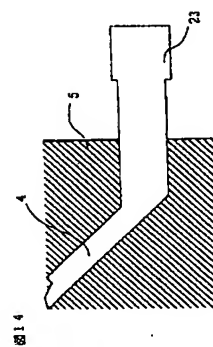
【図12】



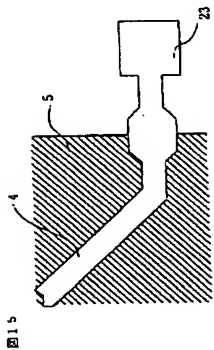
【図13】



【図14】



【図15】



【図31】

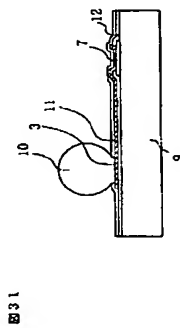
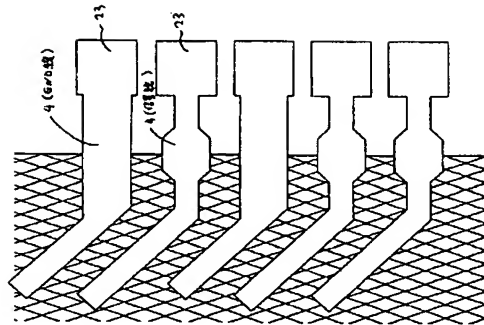
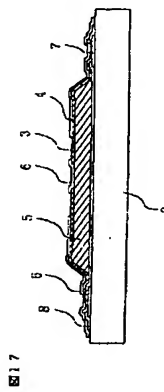


図16

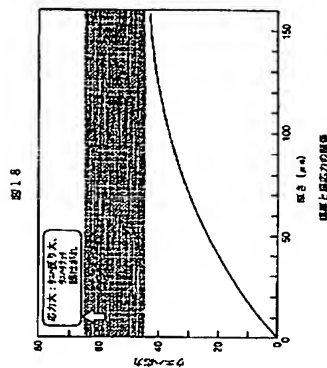
【図16】



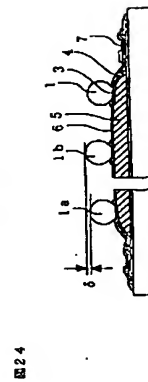
【図17】



【図18】

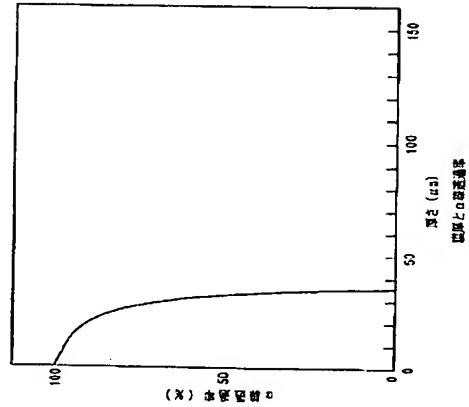


【図24】



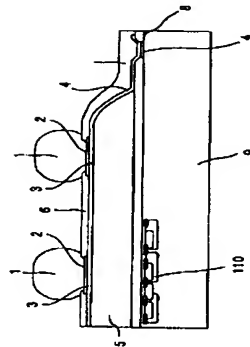
【図19】

図19



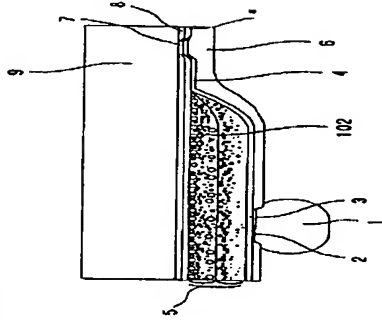
【図20】

図20



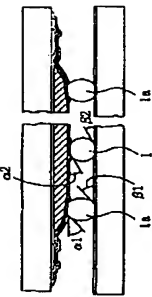
【図23】

図23



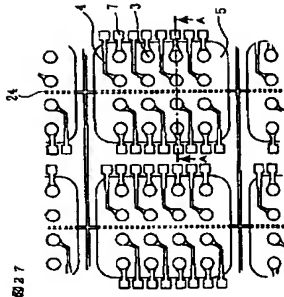
【図25】

図25



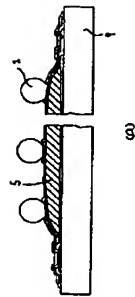
【図27】

図27



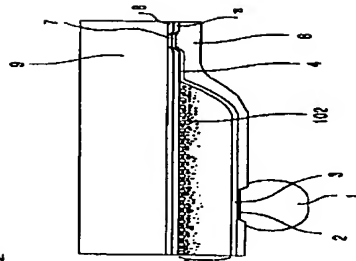
【図26】

図26



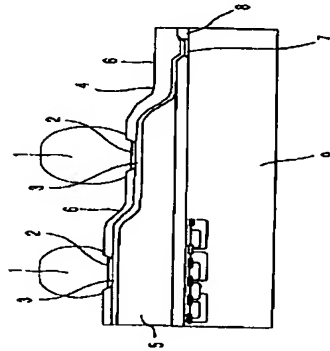
【図22】

図22



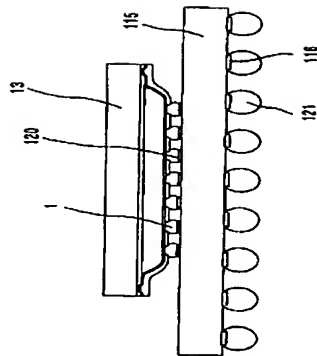
【図21】

図21

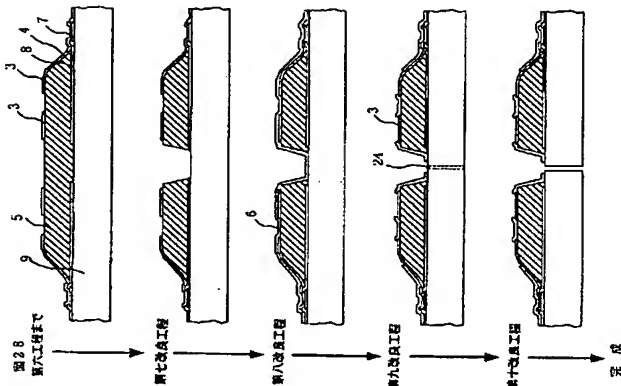


【図29】

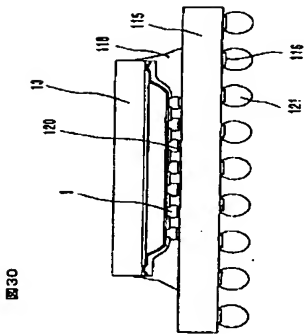
図29



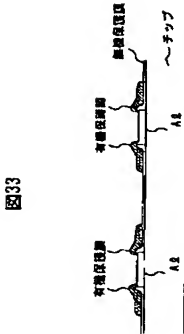
【図28】



【図30】



【図33】



【図34】

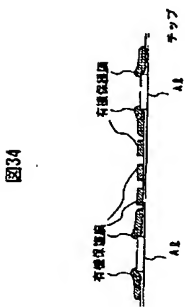


図34

【図35】

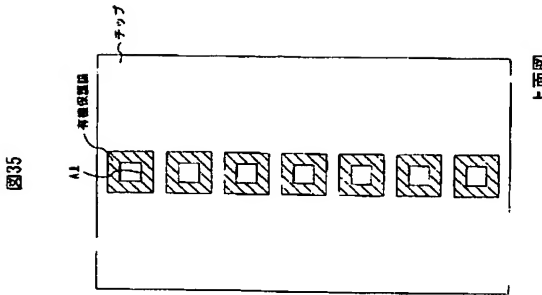


図35

上面図

【図38】

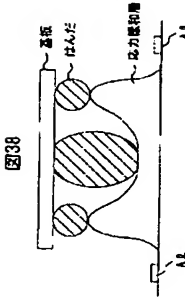


図38

【図39】

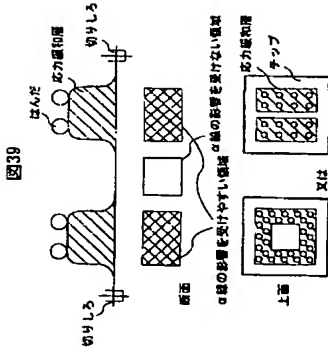


図39

【図40】

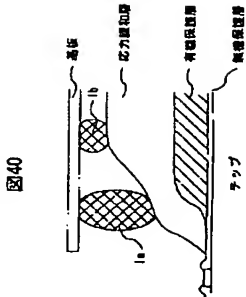


図40

【図32】

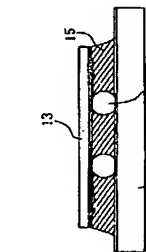


図32

【図36】

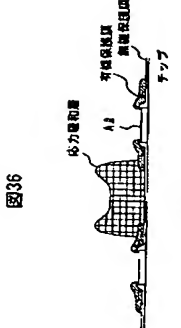


図36

【図37】

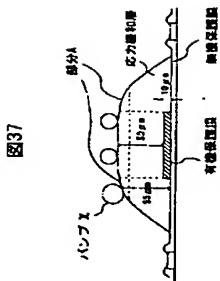
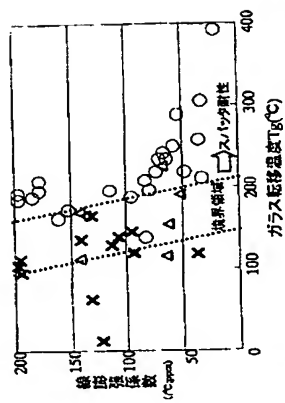


図37

【図41】

図41 応力緩和温度とスハツ特性
(*: 応力緩和温度, Δ: Tg, ○: スハツ特性)

フロントページの続き

(72)発明者 井上 康介 神奈川県横浜市中区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内	(72)発明者 鎌田 尚哉 神奈川県横浜市中区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内
(72)発明者 大塚 龍行 神奈川県横浜市中区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内	(72)発明者 安生 一郎 東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株式会社日立製作所半導体グループ内
(72)発明者 宝蔵寺 裕之 神奈川県横浜市中区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内	(72)発明者 西村 朝雄 東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株式会社日立製作所半導体グループ内
(72)発明者 皆川 円 神奈川県横浜市中区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内	(72)発明者 氏家 健二 東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株式会社日立製作所半導体グループ内
(72)発明者 角田 重晴 神奈川県横浜市中区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内	(72)発明者 矢島 明 東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株式会社日立製作所半導体グループ内